

Titel der Dissertation

Strukturbeschreibung und Parameteridentifikation realer Radialturbinenlaufräder

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den Auswirkungen fertigungsbedingter Abweichungen auf das strukturdynamische Verhalten realer Radialturbinenlaufräder. Am Anfang steht die mathematische Beschreibung zyklisch rotationssymmetrischer Laufräder. Verstimmung (engl. Mistuning) führt jedoch zu einer Störung der zyklischen Rotationssymmetrie. Die Auswirkungen werden anhand von experimentellen Untersuchungen an 6 Radialturbinenlaufrädern gleichen Typs analysiert. Die Ergebnisse dienen im weiteren Verlauf als Eingangsparameter für den Prozess der Parameteridentifikation. Aufbauend auf einer Analyse verschiedener Modellierungsvarianten wird das *Subset of Nominal System Modes*, ein sogenanntes systemmodenbasiertes Modell reduzierter Ordnung für die numerischen Untersuchungen ausgewählt. In Verbindung mit einer sektorindividuellen Beschreibung der Steifigkeit, ist dieses für die mathematische Beschreibung des dynamischen Verhaltens realer Radialturbinenlaufräder geeignet. Erweiterte probabilistische Studien zur Bestimmung der maximalen Beanspruchungsüberhöhung infolge von Mistuning führen zum Konzept der Modalen Dichte. Dieses praxistaugliche Konzept erlaubt die Einordnung der einzelnen Schwingungsformen bezüglich ihrer Neigung zur Ausprägung starker Beanspruchungsüberhöhungen. Hierfür ist einzig die Eigenwertanalyse des idealen Laufrades erforderlich.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die Übertragbarkeit der im Stillstand gewonnenen Parameter zur Modellbeschreibung realer Radialturbinenlaufräder auf die Betriebsbedingungen untersucht. Dabei erfolgt die Separierung der Einflussgrößen Drehzahl, Temperatur und Umströmung in einem vakuumtauglichen Prüfstand. Um eine möglichst vollständige experimentelle Datenbasis zu erhalten, wird die Blade Tip Timing Methode zur Erfassung der Schaufelschwingungsamplitude verwendet. Hiermit kann die Schwingungsantwort jeder Schaufel erfasst werden. Beim Vergleich der numerischen Vorhersage mit den experimentellen Daten ergeben sich gute Übereinstimmungen, sofern die Effekte transienter Resonanzdurchgänge berücksichtigt werden.

Schlüsselwörter: Turbine, Schwingung, Mistuning, Blade Tip Timing, radial, transient

Title of the work

Parameter Identification of Radial Inflow Turbine Wheels with Regard to Mistuned Blade Vibration

Summary

The effects of blade mistuning regarding radial inflow turbine wheels are addressed in this work. Ideally tuned turbine wheels are of cyclic symmetric structure. However, manufacturing tolerances and wear will disturb the cyclic symmetry. Within the scope of this work the effects of such a degradation have been analysed experimentally and numerically. Concerning the experimental part, blade by blade measurements at standstill have been carried out for 6 radial inflow turbines in order to provide input data for different model identification procedures. As an outcome of this process the *Subset of Nominal System Modes* has been identified as the most valuable mathematical description in terms of model size and accuracy. Subsequently, this model was used in extensive probabilistic studies that lead to the concept of Modal Density. Using the eigenfrequencies of a tuned rotor only, this concept allows for the identification of modes that are prone to strong amplitude amplification due to mistuning.

The second part of this work aims to validate the model behaviour in terms of rotation. In order to separate the influencing parameters rotor speed, temperature and airflow, the measurements have been carried out in a spinning rig providing vacuum conditions. By means of a blade tip timing measurement system the response of every blade was captured. A comparison between measured and predicted blade vibration amplitudes gives satisfying results. Hence, the approach for model identification has been validated.

keywords: turbine, vibration, mistuning, blade tip timing, radial, transient